

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-030726
 (43)Date of publication of application : 03.02.1998

(51)Int.CI. F16J 9/26
 C23C 8/26
 F02F 3/00

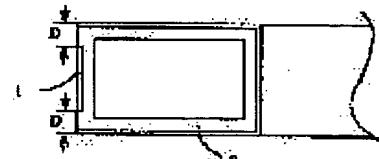
(21)Application number : 08-189271 (71)Applicant : HITACHI METALS LTD
 (22)Date of filing : 18.07.1996 (72)Inventor : INOUE KENICHI

(54) PISTON RING AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To attain excellent abrasion resistance and seizure resistance by composing a sliding surface of a ring of a compound layer made of nitrides, and arranging a nitrogen diffusion layer on a portion between the depth A and specific ratio of B from the upper surface of the ring where A is depth of a total nitrides layer and B is the thickness of the ring.

SOLUTION: A compound layer 1 mainly composed of nitrides having length of $1/3B$ or more is arranged on a center portion of a ring where B is the thickness of the ring for providing seizure resistance. A normal nitrogen diffusion layer D is arranged on an area with the depth A or more from upper and lower surfaces of the ring and less than $1/3B$ where A is the depth of total nitrides layer and B is the thickness of the ring, for eliminating abnormally formed portions in which intergrannular fragile materials are formed in a mesh-like form. Abrasion resistance is also kept.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-30726

(43)公開日 平成10年(1998)2月3日

(51)Int.Cl. ⁸	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
F 16 J 9/26			F 16 J 9/26	C
C 23 C 8/26			C 23 C 8/26	
F 02 F 3/00			F 02 F 3/00	N G

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全10頁)

(21)出願番号 特願平8-189271

(22)出願日 平成8年(1996)7月18日

(71)出願人 000005083

日立金属株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目1番2号

(72)発明者 井上 謙一

島根県安来市安来町2107番地の2 日立金属株式会社冶金研究所内

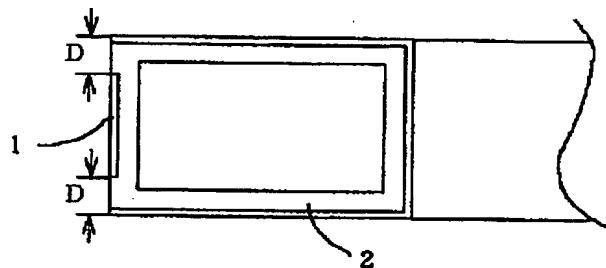
(74)代理人 弁理士 大場 充

(54)【発明の名称】 ピストンリングおよびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 従来材に増して耐摩耗性および耐焼付性に優れたピストンリングを提供する。

【解決手段】 少なくともリングの摺動面部が窒化物を主体とする化合物層からなり、かつ全窒化層の深さ:Aおよびリングの厚み:Bに対してリング上下面からそれぞれA以上1/3B未満の部位:Dが、主として窒素拡散層であるピストンリングであり、前記リングの摺動面部は、酸化物、硫化物の1種または2種、および窒化物を主体とする複合化合物層とすることもできる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 シリンダ内壁と摺動するピストンリングであって、少なくともリングの摺動面が窒化物を主体とする化合物層からなり、かつ全窒化層の深さ：A およびリングの厚み：B に対してリング上面からそれより A 以上 1/3 B 未満の部位：D が、主として窒素拡散層であることを特徴とするピストンリング。

【請求項 2】 シリンダ内壁と摺動するピストンリングであって、少なくともリングの摺動面部が酸化物、硫化物の 1 種または 2 種、および窒化物を主体とする複合化合物層からなり、かつ全窒化層の深さ：A およびリングの厚み：B に対してリング上面からそれより A 以上 1/3 B 未満の部位：D が、主として窒素拡散層であることを特徴とするピストンリング。

【請求項 3】 断面が矩形状の平線を縁面が内外周面とするごとくリング成形するピストンリングの製造方法であって、リング外周面にリングの厚み：B 方向へ凹部を設けたリングを少なくとも窒化物を主体とする化合物層を形成させる表面処理を施し、その後、リング外周面の凸部を除去することを特徴とするピストンリングの製造方法。

【請求項 4】 断面が矩形状の平線を縁面が内外周面とするごとくリング成形するピストンリングの製造方法であって、リング外周面にリングの厚み：B 方向へ凹部を設けたリングを少なくとも窒化物を主体とする化合物層を形成させる表面処理を施し、その後、リング外周面の凸部を除去し、さらに外周面の縁部を面取り、または R 加工することを特徴とするピストンリングの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、内燃機関に用いられるピストンリングに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 自動車エンジン用スチール製ピストンリングのうち、特に苛酷な使用条件が要求されるものに対しては、耐焼付性および耐摩耗性を向上させるため、シリンダーと摺動するリング外周部に硬質 Cr メッキや、硬質粒子を含む複合メッキを施したもののが用いられてきた。しかし、これらのメッキを施したものは、メッキ処理時に発生する廃液に関する諸問題（例えば自然環境への影響、廃液処理コスト等）、また使用時にメッキ部が何等かの原因によって剥離した際にリング材がむき出しえとなり、即座にシリンダーと容易に焼付を起こしてしまう欠点があった。そこで近年では、比較的処理コストが安価で環境への影響度も小さく、また拡散を利用とした処理であるため処理層の剥離の恐れの無い窒化処理が、処理の行いやすい高 Cr マルテンサイト系ステンレス鋼との併用で、ピストンリングとして広く用いられている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、上記窒化処理を施したピストンリングは、処理時に形成される窒化物を主体とする化合物層が非常に脆いことから、使用中にシリンダ内壁と摺動するリング外周面のコーナーエッジ部において、化合物層の欠けや剥離が生じ易く、この脱落物がシリンダーとリングの摺動面に噛み込むことによって、早期に焼付や焼き傷が発生する問題があった。

そのため、現在では、リングを窒化処理した後に化合物層を除去する目的で、摺動面を 10~30 μm 程度研磨仕上げ等を行っているのが現状である。その結果リング摺動面は、窒素拡散層と呼ばれるマルテンサイト系ステンレス鋼基地中に、窒化処理で形成された微細な炭窒化物の他、本来マルテンサイト系ステンレス鋼基地中に存在している Cr 系の炭化物を主体とする炭化物などが存在する硬さ 700 HV 以上の硬化層によって構成されている。

【0004】 この状態で使用されるピストンリングは、摺動面全体が硬質 Cr で覆われている Cr メッキを施したリングと比較すると、耐摩耗性については、硬い窒素拡散層と炭化物等の存在によって非常に良好であるものの、耐焼付性については同等ないし、使用条件によっては、やや劣るという問題があった。このような背景から、安価に製造できる窒化処理を施したピストンリングに関しては耐焼付性の向上が重要な解決課題の一つである。本発明の目的は、これら上記の問題を解消する新規な考え方に基づき、従来材に増して耐摩耗性および耐焼付性に優れたピストンリングを提供することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】 従来より用いられてきた Cr メッキ法や、特公平 1-52741 号に代表される、 PVD によってリング摺動面をシリンダー材と濡れ性の悪い硬質被膜で被覆する技術は、耐焼付性を向上させることができて知られている。このメカニズムは、シリンダーとピストンリングの界面を、金属との濡れ性の悪い硬質被膜で遮断することによって、微小な凝着現象を抑制し、結果的に両部材間の摩擦係数を低下させているためと考えられている。本発明は、摺動面に窒化処理によって形成される窒化物を主体とする表面部の化合物層が耐焼付性に対して、極めて有効であることに着目し、これを積極的に利用しようとするところに特徴がある。前述したように、従来の窒化処理ではピストンリングの摺動部に形成される表面部の窒化物を主体とする化合物層は、非常に脆いという理由から窒化処理を施した後に摺動面を 10~30 μm 程度研磨仕上げを行なって除去されていたものである。

【0006】 そこで発明者は、上記の窒化処理を施したピストンリングの表面部の化合物層の欠けや剥離の原因について詳細に検討した。その結果、窒化処理後の平面部の表面には、図 3 に示すように窒化物を主体とする化合物層である白層（白色層とも呼ばれる）が、また窒素

拡散層中には扁平状の窒化物を主体とする化合物（「かもめマーク」とも呼ばれる）が形成されていることが観察された。一方、リングのコーナー部では、図2に示すように表面には白層が、また窒素拡散層中には、扁平状の窒化物が複雑に絡み合った網目状の粒界脆化物として異常な状態で形成されているのが観察された。通常、窒化処理後の平面部に形成される窒化物を主体とする扁平状の化合物は、図3に示すように処理面に対して平行に現われるもので、ピストンリングとし使用しても直接化合物層の欠けや剥離には関与しない正常な状態であることがわかった。

【0007】この扁平状の化合物は、窒素の浸入により処理表面が、比較的自由度の高い処理面に対して垂直な方向に膨張するためと考えられている。そのため、コーナー部においては、両処理面から窒化が進行することから、平面部と比較して過度の窒素が浸入し、また、窒素の浸入による処理面の膨張が、二方向に生じた結果、図2に示すように粒界脆化物が網目状に異常形成したものと考えられる。さらに詳細な調査をした結果、このコーナー部に観察される網目状の異常な粒界脆化物は、処理層の欠けや剥離の起点となる頻度が極めて高いことを知見した。したがって、このコーナー部に形成される網目状の異常な粒界脆化物をなくし、しかも摺動面のリング厚み方向の一部に窒素拡散層を設けることで、ピストンリング周面に形成された白層を積極的に利用することが可能であり、耐焼付性が大幅に改善することができるこ^トと新たに見出したものである。

【0008】すなわち、本発明のうち第1発明は、シリンドラ内壁と摺動するピストンリングであって、少なくともリングの摺動面が窒化物を主体とする化合物層からなり、全窒化層の深さ：Aおよびかつリングの厚み：Bに対してリング上下面からそれぞれA以上1/3B未満の部位：Dが、主として窒素拡散層であることを特徴とするピストンリングであり、第2発明は、シリンドラ内壁と摺動するピストンリングであって、少なくともリングの摺動面部が酸化物、硫化物の1種または2種、および窒化物を主体とする複合化合物層からなり、かつ全窒化層の深さ：Aおよびリングの厚み：Bに対してリング上下面からそれぞれA以上1/3B未満の部位：Dが、主として窒素拡散層であることを特徴とするピストンリングである。

【0009】また第3発明は、断面が矩形状の平線を縁面が内外周面とするとともにリング成形するピストンリングの製造方法であって、リング外周面にリングの厚み：B方向へ凹部を設けたリングを少なくとも窒化物を主体とする化合物層を形成させる表面処理を施し、その後、リング外周面の凸部を除去することを特徴とするピストンリングの製造方法であり、第4発明は、断面が矩形状の平線を縁面が内外周面とするとともにリング成形するピストンリングの製造方法であって、リング外周面にリン

グの厚み：B方向へ凹部を設けたリングを少なくとも窒化物を主体とする化合物層を形成させる表面処理を施し、その後、リング外周面の凸部を除去し、さらに外周面の縁部を面取り、またはR加工することを特徴とするピストンリングの製造方法である。

【0010】

【発明の実施の形態】以下に本発明のピストンリングおよびその製造方法について詳細に説明する。図1は、本発明のピストンリング断面の一例を示したものである。

10 1はシリンドラとの摺動面となるピストンリングの外周面上に形成される窒化物を主体とする化合物層、または窒化物を主体とする化合物層と、さらに酸化物、硫化物の1種または2種を主体とする複合化合物層、2は窒素拡散層である。また図中のDは、主として窒素拡散層からなる領域である。通常の使用条件下においては、1の領域は窒化物を主体とする化合物層の存在だけで十分であるが、より苛酷な使用条件下では前記窒化物主体の化合物層に、さらに初期のなじみ性や潤滑性の高い酸化物、硫化物を主体とする化合物層を組み合わせた複合化合物層を形成させることが望ましい。

【0011】このようにピストンリングの外周部の厚みの中央部に設ける窒化物を主体とする化合物層の長さは、リングの厚み：Bに対して1/3以上であれば、耐焼付性の問題は解消され、耐摩耗性の問題もない。また、摺動面コーナー部近傍には、前述した粒界脆化物が網目状に異常形成した部分を存在させないことが重要である。さらに本発明のピストンリングの外周面には、脆い化合物層を使用中の衝撃から保護する目的で、リング上下面からそれぞれ全窒化層の深さ：A以上、かつリングの厚み：Bの1/3未満の範囲が主として窒素拡散層とすることが必要である。そのためには、例えば図4ないし図6に示すように、リング外周面にリングの厚み：B方向へ凹部を設けたリングを窒化処理すれば、図7に示すようにリング全面に窒化物を主体とする化合物層

（白層）および窒素拡散層が得られる。次いで粒界脆化物が網目状に異常形成された凸部を研磨等の手段により除去すれば、ピストンリング外周面は図1に示すような構造にことができる。

【0012】ところで、図1において形成されるピストンリング上下面部の全窒化層には、粒界脆化物が網目状に形成された部分が除去されているので、使用中にコーナー部の窒化物を主体とする化合物層や窒素拡散層が欠けたり剥離することはない。このようにしてえられたピストンリングの外周面は、リングの厚み：Bの中央部に1/3B以上の長さの窒化物を主体とする化合物層を存在させることによって、使用時の耐焼付性を付与すると共に、リングの上下面からそれぞれ全窒化層の深さ：A以上、リングの厚み：Bの1/3未満の領域には、主として正常な窒素拡散層を存在させることにより、粒界脆化物が網目状に異常形成された部分がなく、しかも耐

摩耗性を維持することができる。

【0013】ピストンリング外周面に存在させる主として窒素拡散層の領域は、リングの上下面からそれぞれ全窒化層の深さ：A未満の場合には脆い窒化物を主体とする化合物層を使用中の衝撃から保護できなくなるため、またリングの厚み：Bの1/3以上の場合には、窒化物を主体とする化合物層の長さが不足して耐焼付性が維持できなくなるため、リング上下面からそれぞれA以上1/3B未満とする。なお、ピストンリングを上下のように窒化処理を施した後に、ピストンリングの上下面部の窒化物を主体とする化合物層を研磨等により除去してもよく、また図8に示すように外周部の縁部を面取り、またはR加工してもよい。このように、従来から実施されているリング摺動面全体の研磨加工が不要となることから、リング摺動面とシリンダー内壁との初期のなじみ性を向上させる目的で実施される酸化物、硫化物等の表面処理を併用する複合層の利用が可能となり、ピストンリングの特性をより大幅に改善することも可能となった。

【0014】

【実施例】次に本発明の効果を実施例により説明する。

(実施例1) 0.65C-0.4Si-0.4Mn-1.3Cr-0.3Mo-0.05V-Feからなるマルテ

ンサイト系ステンレス鋼（以下、0.65C-1.3Cr鋼という）を溶製して造塊し、熱間圧延した後、冷間加工と焼なましを繰り返して断面の厚さが5mmの矩形状の平線に仕上げた。続いて、焼入れ焼戻しにより硬さを43HRCに調整した。次いでこの平線を矩形断面の一方の縁面が厚み方向へ凹部となるように砥石で研削加工した。この研削加工時に凹部の谷底幅、すなわち平面上側の凸部の厚みを表1に示すように変化させた。続いて、各供試材を表1に示す表面処理を施した。

10 【0015】このうち、No. 1, 7, 10, 13, 14, 23, 24, 26は550°C、10時間のガス窒化処理を、No. 3, 4, 9, 16, 21は560°C、10時間の酸窒化処理を、No. 2, 6, 8, 12, 17, 25, 27は550°C、10時間のガス浸硫酸窒化を、またNo. 5, 11, 15, 22は560°C、15時間のガス浸硫酸窒化をそれぞれ実施した。その後、各供試材は、機械研磨によって凸部を除去した。この時の各供試材の全窒化深さ：Aは、いずれも約0.20mmであった。ただし、比較品のリングNo. 26については、窒化処理前の摺動部には凸部を設けなかった。

【0016】

【表1】

供試材 No.	D	化合物層の種類	凸部厚み	備考
1	0. 33	窒化物	0. 53	本発明品
2	1. 00	窒化物, 硫化物	1. 44	
3	0. 35	窒化物, 酸化物	0. 47	
4	1. 60	窒化物, 酸化物	1. 61	
5	0. 55	窒化物, 酸化物, 硫化物	0. 78	
6	1. 28	窒化物, 硫化物	1. 45	
7	1. 60	窒化物	1. 60	
8	1. 02	窒化物, 硫化物	1. 55	
9	1. 05	窒化物, 酸化物	1. 10	
10	0. 75	窒化物	1. 20	
11	1. 21	窒化物, 酸化物, 硫化物	1. 64	
12	0. 40	窒化物, 硫化物	0. 64	
13	0. 73	窒化物	0. 80	
14	1. 00	窒化物	1. 50	
15	1. 20	窒化物, 酸化物, 硫化物	1. 30	
16	0. 58	窒化物, 酸化物	0. 92	
17	0. 40	窒化物, 硫化物	0. 45	
21	0. 10	窒化物, 酸化物	0. 15	比較品
22	0. 12	窒化物, 酸化物, 硫化物	0. 15	
23	0. 10	窒化物	0. 15	
24	2. 00	窒化物	2. 05	
25	0. 13	窒化物, 硫化物	0. 16	
26	0	窒化物	0	
27	2. 10	窒化物, 硫化物	2. 20	

【0017】表2に従来品の詳細を示す。従来品は、同素材の0.65C-13Crを含有するマルテンサイト系ステンレス鋼を、平坦な摺動面を有す所定の形状に加工した後、本発明品と同様の焼入れ焼戻しを行い硬さ43HRCに調整した。その後、550°C、10時間のガス窒化処理した後、通常のピストンリングと同様に最表面を15μm研磨したもの（リングNo. 31）と、リ*

30*シング素材にJIS SWOSC-Vに相当するSi-Cr鋼に、Crメッキ処理を施したもの（リングNo. 32）、同Si-Cr鋼にMo溶射を施したもの（リングNo. 33）を用意した。

【0018】

【表2】

供試材 No.	処理方法	仕上げ加工	備考
31	ガス窒化処理	窒化層20μm研磨	従来品
32	硬質Crメッキ処理	-	
33	Mo溶射	-	

【0019】上記の各供試材について、焼付き試験ならびに摩耗試験を行い評価した。焼付き試験については以下に示す条件にて、超高压摩擦摩耗試験機を用いて試験を行い、摩擦力が異常に増大した時を、ロードセルによって検出し焼付き荷重として評価した。なお、試験片部の略図を図9、図10に示す。

摩擦速度···8m/s

摩擦面圧力···初期圧20kg/cm²、3分毎に10kg/c

m²づつ上昇

潤滑油···モーターオイル#30、温度80°C、ステーナーホルダー中心より400ml/min注油

焼付き検出···ロードセルおよび動歪計にて検出

相手材···JISねずみ鉄4種（FC25）

【0020】また、摩耗試験については、焼付試験と同じ試験機にて下記の条件で試験を行い、試験片の摩耗量を測定した。

摩擦速度 3 m/s
 摩擦面圧力 80 kg/cm²
 潤滑油 モーター油 #30, 温度 80 °C,
 ステーターホルダー中心より 400 ml/min 注油
 摩擦距離 50 km

相手材 JISねずみ鉄4種 (FC25)

【0021】各供試材のうち、本発明品については、いずれも従来品と比較して、焼付発生面圧ならびに耐摩耗量が極めて高いことがわかる。また、本発明品において、最表面の化合物が、窒化物、酸化物および硫化物のいずれかと複合層を形成し、リング摺動面に化合物層が存在していない部位:Dが比較的狭いもの(供試材No. 3, 5, 12, 16, 17)は、他の発明品と比べ、焼付発生面圧が若干高い値を示している。これは、酸化物ならびに硫化物層による耐焼付性向上効果であると考えられる。

【0022】比較品は本発明の限定範囲を外れるものであるが、リングNo. 21, 22, 23, 25のよう

に、窒化処理前のリング摺動面に設けた凸部の厚みが小さいと、焼付発生面圧は極端に低下する。これは前述したように、窒化処理によって生じる異常な粒界脆化物の析出の影響が、その後の研磨によっても除去されないところから、焼付試験中に化合物層の脱落が生じ、相手材と試験片の摺動面にかみ込まれたためと考えられる。リングNo. 26のように、窒化処理前、試験片摺動面に凸部を設けなかったものについても同様に、試験片コーナー部において化合物層の脱落が生じたために、焼付発生面圧が極端に低下したものと考えられる。また、比較品であるリングNo. 24, 27のように、化合物層の存在しない摺動面:Dが、本発明の請求範囲であるリング摺動面の厚み:Bに対して $1/3B$ を越えると、焼付発生面圧については大幅な低下は認められないが、耐摩耗性が大幅に低下する。

【0023】

【表3】

供試材 No.	焼付発生面圧(kg/cm ²)	摩耗量(μm)	備考
1	160	1	本発明品
2	160	3	
3	170	1	
4	160	2	
5	170	1	
6	170	2	
7	160	1	
8	160	2	
9	160	3	
10	160	1	
11	160	2	
12	170	2	
13	160	1	
14	160	1	
15	160	2	
16	170	2	
17	170	3	
21	80	1	比較品
22	80	2	
23	60	テスト不可	
24	120	5	
25	80	2	
26	50	テスト不可	
27	120	5	従来品
31	100	6	
32	110	15	
33	100	20	

【0024】(実施例2) 次に0.65C-8Crを含有するマルテンサイト系ステンレス鋼、0.85C-1.7Crを含有するマルテンサイト系ステンレス鋼、SKD61、SWOSC-V(0.55C-1.4Si-0.55Mn-0.75Cr-Fe)で断面の厚さが5の矩形状平線を作成し、熱処理によって、それぞれ通常ビストンリング材として用いられる硬さである、0.65C-8Crを含有するマルテンサイト系ステンレス鋼、0.85C-1.7Crを含有するマルテンサイト系ステンレス鋼、SKD61については43HRC、SWOSC-Vについては50HRCに調整した。次いで、これら平線を矩形断面の一方の縁面が厚み方向へ凹部となるように砥石で研削加工した。この時に、凹部の谷底幅、すなわち平面上下側の凸部の厚みを表4に示すようにした。

【0025】この後、供試材No.3, 5, 9, 13,

14, 22, 24, 26, 27, 31については、550°Cのガス窒化処理、供試材No.1, 8, 11, 12, 16, 21, 28については560°Cの酸窒化処理、供試材No.2, 4, 10, 17, 25, 29, 32については550°Cのガス浸硫窒化処理、供試材No.6, 7, 15, 23, 30については560°Cのガス浸硫窒化処理を施した。この時、各処理の処理時間は、いずれのリングも全窒化深さが0.2mmになるよう、各素材毎で任意に設定し処理を行なった。各窒化処理後は、上記凸部を研削加工により除去し供試材とした。ただし、比較品のリングNo.23, 25, 28については、窒化処理前の断面形状に凸部を設けなかつた。

【0026】

【表4】

供試材 No.	素材鋼種	D	化合物層の種類	凸部の厚み	備考
1	SKD61	0.52	窒化物、酸化物	0.95	本発明品
2	SOWSC-V	1.05	窒化物、硫化物	1.38	
3	0.85C-17Cr	0.32	窒化物	0.41	
4	SKD61	0.50	窒化物、硫化物	1.07	
5	SKD61	0.41	窒化物	0.50	
6	SOWSC-V	0.75	窒化物、酸化物、硫化物	0.89	
7	0.65C-8Cr	1.00	窒化物、酸化物、硫化物	1.45	
8	0.65C-8Cr	0.85	窒化物、酸化物	1.21	
9	SOWSC-V	0.34	窒化物	0.43	
10	SKD61	1.12	窒化物、硫化物	1.82	
11	0.85C-17Cr	0.85	窒化物、酸化物	1.27	
12	SOWSC-V	0.74	窒化物、酸化物	0.86	
13	SOWSC-V	1.15	窒化物	1.22	
14	0.65C-8Cr	1.20	窒化物	1.33	
15	0.85C-8Cr	0.35	窒化物、酸化物、硫化物	0.80	
16	0.65C-8Cr	0.25	窒化物、酸化物	0.36	
17	0.85C-17Cr	0.25	窒化物、硫化物	0.32	
21	SKD61	1.75	窒化物、酸化物	2.00	比較品
22	0.85C-17Cr	1.85	窒化物	2.00	
23	SKD61	0	窒化物、酸化物、硫化物	0	
24	SOWSC-V	0.05	窒化物	0.10	
25	0.65C-8Cr	0	窒化物、硫化物	0	
26	0.85C-17Cr	0.05	窒化物	0.10	
27	0.65C-8Cr	2.00	窒化物	2.20	
28	SOWSC-V	0	窒化物、酸化物	0	
29	SOWSC-V	0.05	窒化物、碳化物	0.10	
30	0.85C-17Cr	2.00	窒化物、酸化物、硫化物	2.23	
31	SKD61	0.05	窒化物	0.10	
32	SOWSC-V	1.80	窒化物、硫化物	2.00	

【0027】以上の供試材について、実施例1と同条件で、焼付き試験ならびに摩耗試験を行ない評価した。供試材のうち、本発明品については、いずれも比較品と比べ、焼付発生面圧ならびに耐摩耗性が高く、リングの素材にかかわらず、ピストンリングとして極めて高い特性を示す。また、実施例1と同様に本発明品の中でも最表面の化合物が、窒化物、酸化物もしくは硫化物と複合層を形成し、リング摺動面に化合物層が存在していない部

位：Dが比較的狭いもの（供試材No. 1, 4, 15, 16, 17）は、他の発明品と比べ、焼付き発生面圧が若干高くなることがわかる。このことから、本発明はリングの素材にかかわらず、焼付き発生面圧ならびに耐摩耗性を向上させ、ピストンリングとして極めて高い特性を得ることができる。

【0028】

【表5】

供試材 No.	焼付発生面圧(kg/cm ²)	摩耗量(μm)	備考
1	170	1	本発明品
2	160	3	
3	160	1	
4	170	2	
5	160	1	
6	160	2	
7	160	1	
8	160	2	
9	160	3	
10	160	1	
11	160	2	
12	160	2	
13	160	1	
14	160	1	
15	170	2	
16	170	2	
17	170	3	
21	120	6	比較品
22	120	5	
23	50	テスト不可	
24	30	テスト不可	
25	50	テスト不可	
26	80	1	
27	120	6	
28	30	テスト不可	
29	30	テスト不可	
30	120	5	
31	80	1	
32	120	7	

【0029】

【発明の効果】本発明剤は、従来材と比較して、耐焼付性および耐摩耗性が一段と高く、ピストンリングとして極めて好適な特性を示す。また、Crメッキのように、廃液処理等の問題が無いことから、圧縮リングのトータルコストを十分に低減できるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のピストンリング断面の一例を示した模式図である。

【図2】窒化処理後のリングコーナー部の窒素拡散層中に観察される網目状の異常な粒界脆化物を示す模式図である。

【図3】窒化処理後のリング摺動面平坦部の窒素拡散層中に観察される正常な粒界脆化物を示す模式図である。

【図4】窒化処理前のリング断面形状の一例を示した模式図である。

【図5】窒化処理前のリング断面形状の一例を示した模式図である。

【図6】窒化処理前のリング断面形状の一例を示した模式図である。

【図7】窒化処理前を施した後のリング断面の一例を示した模式図である。

【図8】本発明のピストンリング断面の一例を示した模式図である。

【図9】超高圧摩擦摩耗試験機の試験部の断面図である。

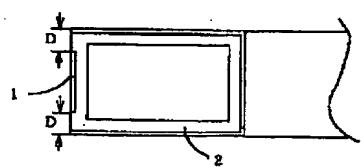
【図10】図9のC-C矢視断面図である。

【符号の説明】

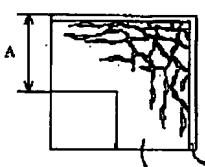
1：窒化物を主体とする化合物層（白層），2：窒素拡散層，3：窒化処理後機械研磨等によって除去される凸部，4：凸部の厚み，6：試験片（5mm×10L），7：円板（相手材…FC25），8：ステータホルダー。

9: ロータ, 10: 試験片保持具, 11: 潤滑油注入
口, 12: ロードセル, 13: 動歪計, A: 全窒化層の*
* 深さ, B: リングの厚み, D: 主として窒素拡散層から
なる領域, P: 摩擦力

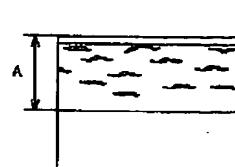
【図1】



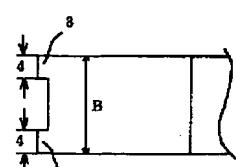
【図2】



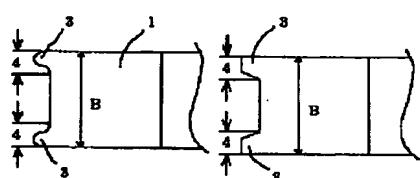
【図3】



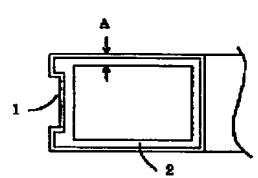
【図4】



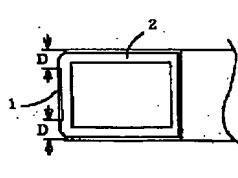
【図5】



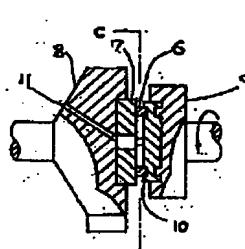
【図6】



【図7】



【図8】



【図10】

